Editorial
On line

SOCIETAT D'HISTÒRIA
NATURAL DE LES BALEARS

Reptes per a la protecció dels sòls

Jaume VADELL, Margalida COLOMBÀS, Edelweiss FARRÚS,
Antoni FORSS i Maria ADROVER

Departament de Biologia
Universitat de les Illes Balears
Carretera de Valldemossa km 7.5
07122 Palma
E-mail: jaume.vadell@uib.es

El sòl és un ens constituït per partícules minerals i orgàniques, juntament amb aigua i aire, en el qual viuen i interaccionen una gran diversitat d'éssers vius i sobre el que se sustenta la vegetació. En els ecosistemes poc intervinguts els sòls sovint passen desapercebuts; just quan s'empren per a l'agricultura o es modifica el seu ús natural augmenta la seva visibilitat. És per això que la societat en general sempre ha tingut una valoració positiva 'superficial' pel que fa als sòls, sobretot per les ben atribuïdes funcions per a mantenir uns cultius productors d'aliments. Si bé, aquesta aparent valoració positiva no s'ha acompanyat d'una consciència sobre les seves qualitats i requeriments per a desenvolupar d'una manera adequada totes les seves funcions, el que fa que encara ara sigui un dels components del medi ambient menys estudiats.

En la formació del sòl interaccionen diferents factors ambientals: material mineral, clima, organismes, geomorfologia, temps… La qual cosa dona lloc a un ventall de tipologies amb límits difusos i particularitats locals que fan difícil enquadrar-los d'acord a criteris taxonòmics. Aquest fet és un dels motius pels quals encara ara no es disposa d'un

únic sistema de classificació de sòls consensuat que s'ajusti a les necessitats de la comunitat internacional, com sí ha passat a altres branques de la Història Natural (Porta *et al.,* 2003).

Un dels atributs més rellevants dels sòls és la seva qualitat de recurs no renovable a curt o mig termini, la qual cosa ha provocat, dins la història de la humanitat, el declivi de civilitzacions quan s'ha deteriorat o perdut aquest recurs bàsic. Plató i Aristòtil ja feren referència als problemes generats per l'erosió i pèrdua de la productivitat a l'antiga Grècia durant l'Edat de Bronze, reconeixent que el procés s'havia intensificat en els seus temps contemporanis. El cas de Mesopotàmia és un dels més coneguts, amb la salinització creixent de les terres, sobretot entre el tercer i segon mil·lenni aC, la qual cosa provocà col·lapses en el subministrament d'aliments. L'imperi romà tampoc fou aliè a aquests problemes i així ho constata Plini el Vell, en el segle I dC el qual descriu com la tala de boscs a costers produeix torrents devastadors quan la pluja ja no s'infiltra dins la terra (Montgomery, 2012). En un context bàsicament agronòmic Bennett (1939) sentencia: "Els sòls pobres fan la gent pobre i la gent pobre fa els sòls pitjors". Així, en molts de casos es constata com l'estat dels sòls ha marcat el desenvolupament o la caiguda de pobles (Scholes i Scholes, 2013).

Els sòls en el context europeu

En els darrers anys, dins l'àmbit de la Unió Europea s'ha manifestat una preocupació cap a la conservació d'aquest recurs limitat, sotmès a nombroses amenaces i amb poca capacitat de restitució. A la Comunicació de la proposta "Cap a una estratègia temàtica per a la protecció del sòl" publicada a l'any 2002 (COM 2002; 179) ja es fa ressò dels processos de degradació reconeguts als sòls de la Unió Europea.

Aquesta proposta es va complementar amb la publicació l'any 2006 del document "Estratègia temàtica per a la protecció del sòl" (COM 2006; 231) i de la Proposta de Directiva del Parlament Europeu i del Consell per la que s'estableix un marc per a la protecció del sòl i es modifica la Directiva 2004/35/CE (COM 2006, 232), la qual, encara ara no ha estat ratificada. Més recentment a l'informe de la Comissió Europea sobre "Aplicació de l’estratègia temàtica per a la protecció del sòl i les activitats en curs" (COM 2012; 46) es fa una revisió sobre l'estat actual dels sòls, insistint en les principals amenaces.

En aquests textos es fa palesa la necessitat per a establir un marc per a la protecció del sòl i la preservació de la seva capacitat per realitzar qualsevol de les següents funcions ambientals, econòmiques, socials i culturals:

a) producció de biomassa, incloent l'agricultura i la silvicultura;
b) emmagatzematge, filtrat i transformació de nutrients, substàncies i aigua;
c) reserva de la biodiversitat, com a hàbitats, espècies i gens;
d) entorn físic i cultural per a les persones i les activitats humanes;
e) font de matèries primeres;
f) reserva de carboni;
g) arxiu del patrimoni geològic i arqueològic.

La degradació del sòl és un problema fonamental i persistent que afecta a nivell mundial però al que no se li posa molt d'esment, ja que la majoria dels impactes es van veient d'una manera gradual, amb un procés lent que té poques vegades efectes alarmants immediats. Per aquests motius, la sensibilització sobre el sòl es planteja com un desafiament. En aquest sentit es manegen xifres impactants: a nivell mundial la desertificació, degradació de la terra i les sequeres afecten a més de 1500 milions de persones. Segons el Programa de les Nacions Unides pel Medi Ambient (UNEP, 2007) la degradació del sòl provoca una pèrdua anual equivalent a 50000 km^2, sobretot per erosió, desapareixent 24 Gt/any. Just en dues dècades s'ha perdut la terra equivalent a la superfície cultivada als Estats Units d'Amèrica. La pèrdua de sòl afecta directament a les seves funcions, essent la de magatzem de carboni una de les més destacables, ja que constitueix el major compartiment d'aquest element en el món (1500 Gt).

Les esmentades comunicacions també fan referència als següents processos de degradació i amenaces: segellat i compactació, erosió i pèrdua de matèria orgànica, salinització, acidificació, reducció de la diversitat biològica, inundacions i esllavissades de terra i contaminació local i difusa. Quan les condicions climàtiques són àrides o semiàrides, la combinació de vàries d'aquestes amenaces pot donar lloc a la desertificació.

El segellat del sòl, que consisteix en cobrir el sòl de manera permanent amb materials impermeables, és una de les amenaces més preocupants en els temps actuals, ja que provoca la pèrdua de les funcions edàfiques més importants, com per exemple la infiltració i l'emmagatzematge d'aigua o la producció d'aliments. Entre 1990 i 2000 es perderen, dins la Unió Europea, l'equivalent a 1000 km^2/any. Aquesta situació es va veure intensificada durant els anys següents a països com Espanya on s'enregistrà un increment de la superfície segellada del 15% durant el període 2000-2006 (Prokop *et al.*, 2011).

L'erosió del sòl per l'acció de l'aigua és una altra amenaça preocupant a la Unió Europea. A quasi el 20% de la seva superfície les pèrdues anuals de sòl superen les 10 t/ha any, essent a la conca mediterrània on els seus efectes són més notoris.

Les repercussions de l'erosió no és limiten a la pèrdua de capacitat productiva dels sòls si no que afecten a altres àmbits com la qualitat de l'aigua, ja que provoquen una transferència de nutrients i, eventualment, plaguicides cap a les masses d'aigua. En conjunt, les pèrdues del material edàfic i de la capacitat productiva dels sòls unit als impactes sobre l'entorn generats per la reducció de la capacitat d'infiltració de les terres (augment dels episodis torrencials, rebliment d'embassaments,...) té un alt cost econòmic (Pimentel *et al.*, 1995).

La salinització es reconeix com un altre problema. Els problemes ocasionats per les sals es poden deure a les característiques congènites o aportats per les aigües de reg. Així i tot, no es disposa d'una informació sistematitzada per a tota la Unió Europea.

La biodiversitat del sòl està implicada en nombroses funcions bàsiques com el pas de nutrients a formes disponibles. A les zones amb una gran densitat de població o una activitat agrària intensiva els indicadors de biodiversitat posen de manifest les amenaces.

Les esllavissades a zones muntanyoses són una altra amenaça, les quals són més intenses a terres abandonades.

L'abast de la contaminació del sòl és difícil de precisar. La Directiva Marc sobre el Sòl preveu l'elaboració d'un inventari exhaustiu i, a l'actualitat les mesures que s'apliquen varien molt en funció dels estats membres. En el cas d'Espanya el Reial Decret 9/2005, pel que

s'estableix la relació d'activitats potencialment contaminants del sòl i els criteris i estàndards per a la declaració de sòls contaminats, regula aquest procés. L'acidificació del sòl provocada per la deposició de contaminants atmosfèrics acidificants es reconeix com un problema d'àmplia distribució, sobretot a la part central i nord d'Europa. Així i tot, en els darrers 20 anys s'han reduït les deposicions atmosfèriques.

La desertificació, com a forma de degradació edàfica, afecta de manera negativa a totes les seves funcions. Malgrat que no es disposa d'una avaluació sòlida d'aquest procés dins la Unió Europea, hi ha senyals de que a les zones amb risc de desertificació, la capacitat productiva s'ha reduït gradualment durant les darreres dècades (Zucca *et al.*, 2012).

A l'informe sobre l'Aplicació de l'Estratègia Temàtica per a la Protecció del Sòl (COM; 2012, 46) també es fa referència a una sèrie de reptes amb incidència dins la Unió Europea:

L'augment de la població mundial, el consum creixent de productes agraris i la major utilització de biomassa amb finalitats energètiques es preveu que provoquin una intensificació en l'ús de la terra, amb els conseqüents riscos de degradació. D'altra banda els fenòmens meteorològics relacionats amb el canvi climàtic, la desertificació i l'ocupació de terrenys per a urbanitzacions i infraestructures poden agreujar aquesta tendència. Tot això fa que cada vegada se sigui més depenent d'uns recursos edàfics limitats.

Preservar la matèria orgànica dels sòls constitueix l'acció més transcendent per la incidència que té sobre les funcions del sòl, des de la fertilitat de les terres a la regulació del cicle hidrològic o com a reserva de carboni immobilitzat, atenuant l'increment de gasos de l'efecte hivernacle. De fet, els sòls de la UE contenen 50 vegades més de carboni (70 Gt) que les emissions anuals dins tot el seu territori. En aquest sentit, l'agricultura intensiva pot esser una amenaça per a la reserva orgànica del sòl. També, l'explotació de torberes o el seu ús agrícola són especialment preocupants (Gobin *et al.,* 2011).

Fer un ús més eficient dels recursos és una altra exigència de la que també es fa ressò a l'esmentat informe (COM; 2012, 46). S'indica que l'agricultura depèn de la fertilitat de les terres i cada any es desaprofiten quantitats importants de fems animals, residus orgànics urbans i llots de depuradora que poden contribuir al manteniment de nivells adequats de matèria orgànica en el sòl i, en conseqüència, a la millora de la seva fertilitat.

Situació a les Illes Balears

Durant el segle XX, la ciència del sòl ha tingut una presència notòria dins la investigació de l'estat Espanyol. Emili Huguet del Villar constitueix la figura més reconeguda en l'impuls de la ciència del sòl a partir de la dècada de 1920. Després de la Guerra Civil, dins el *Consejo de Investigaciones Científicas*, l'*Instituto Español de Edafología, Ecología y Fisiología Vegetal* (posteriorment *Instituto de Edafología*) i els centres regionals situats a diferents indrets d'Espanya possibilitaren l'expansió de l'Edafologia a moltes regions, si bé a les Illes Balears, la manca d'un centre de referència prolongà el buit sobre el coneixement dels sòls de les Illes Balears.

Com a mostra de l'escassesa d'estudis, els treballs publicats en el Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears que tenen com a tema els sòls de les Illes Balears no arriben a l'1% del total de treballs publicats en aquesta revista.

Per a aconseguir una protecció efectiva del recurs sòl es requereix que la societat ho conegui i sigui sensible als seus valors, tenint en compte les funcions i amenaces.

Per aquest motiu junt al coneixement genèric dels sòls s'han d'afegir les particularitats regionals. Com a primera acció, s'ha de generar el coneixement dels sòls de les Illes Balears, a partir del qual s'han de establir vies de transmissió efectives cap a la societat per a construir una cultura del sòl. Les necessitats per a generar el coneixement dels sòls de les Illes Balears i sensibilitzar la societat per a la seva protecció es poden estructurar en quatre blocs:

Caracteritzar i localitzar les tipologies de sòls presents a les Illes Balears

Constitueix la primera tasca per a poder disposar d'una referència de les tipologies de sòls que es troben a les Illes Balears, podent establir els processos formadors i les qualitats físiques, químiques i biològiques. En aquest sentit ja s'han realitzat algunes contribucions: a iniciativa de l'Institut Menorquí d'Estudis l'any 2005 es va elaborar una cartografia dels sòls de Menorca. També, per a la concreció d'aquest objectiu, des del departament de Biologia de la Universitat de les Illes Balears ja es disposa d'una base d'informació important a partir de diferents estudis que s'han desenvolupat els darrers anys, sobretot la "Cartografia hidrològica dels sòls de Balears" promoguda per la Conselleria de Medi Ambient i Mobilitat del Govern de les Illes Balears entre els anys 2009 i 2011. Ara bé, fa falta una cartografia completa dels sòls de les Illes Balears pública i accessible.

Identificar les amenaces dels sòls corresponents a les diferents àrees

La identificació de les amenaces així com dels agents desencadenats constitueix una via per a disposar d'una diagnosi de l'estat dels sòls i poder prevenir o aturar els processos de degradació que suposin una pèrdua irreversible.

Per a realitzar la diagnosi dels sòls de les Illes Balears sembla adequat el dur a terme l'aproximació a partir d'àrees homogènies, de manera similar a la proposada per Bouma i Droogers (2007) per a definir les accions pròpies dels Països Baixos per a complementar l'aplicació de la Directiva Marc de Protecció del Sòl. També té interès l'adequació a les particularitats del medi terrestre de metodologies per establir unitats ambientals homogènies de gestió (Brenner *et al.,* 2006).

Una de les preocupacions a les que es fa més referència dins l'àmbit europeu és la contaminació per substàncies perilloses a un nivell de risc per a les persones i el medi ambient. Es tracta del problema ambiental que s'ha definit exhaustivament, a la proposta publicada l'any 2006 (COM 2006; 231), amb un pla d'acció per a inventariar tots els indrets contaminats. En aquest sentit, a Espanya es disposa d'una regulació específica des de l'any 2005 (Reial Decret 9/2005, de 14 de gener).

La matèria orgànica és un component decisiu per a la funcionalitat del sòl. La seva participació va des del subministrament de nutrients pels vegetals i microflora a l'estructuració a través de la qual s'assegura una distribució equilibrada dels porus del sòl i la infiltració de l'aigua de pluja, contribuint a la regulació del cicle hidrològic. La qualitat dels sòls depèn, en bona mesura, del contingut de matèria orgànica. La matèria orgànica per ella mateixa pot no esser suficient per a garantit la qualitat d'un sòl però la seva manca és garantia de la degradació del sòl. Les terres agrícoles llaurades són les més afectades per la pèrdua de matèria orgànica i la seva recuperació constitueix una tasca laboriosa (Lal, 2006).

En aquest sentit, un maneig agrícola dirigit a augmentar el contingut de matèria orgànica va més enllà de l'augment de la fertilitat per l'aprofitament directe dels cultius; també contribueix a augmentar la capacitat d'infiltració de l'aigua de pluja, augmentar la reserva hídrica i regular el cicle hidrològic.

Un problema que, aparentment, s'ha amplificat al llarg de les dues darreres dècades amb un fort augment de la superfície dedicada a urbanitzacions i vies de comunicació, és la compactació i segellament de sòls. La primera conseqüència de la urbanització del sòl és la pèrdua directa i irrecuperable de sòl cultivable. Malauradament les característiques edàfiques i la fertilitat de la terra no s'han tingut en compte en la planificació urbana, que ha donat més importància a altres aspectes com la localització.

D'altra banda, la compactació i el segellament suposen una pèrdua de la funcionalitat del sòl que, com a conseqüència més visible, afecta la infiltració de l'aigua de pluja. En els darrers anys ens hem acostumat a que amb precipitacions que es poden catalogar com a moderades es produeixin embassaments de manera immediata, amb les repercussions sobre el trànsit de vehicles, inundacions d'infraestructures, etc. A més, es desencadenen processos erosius que suposen una pèrdua irreversible. Ens hem acostumat a veure, després de pluges importants, torrents carregats de sediments que són abocats al mar. Aquestes pèrdues de terra superen molt a la que es pot generar a partir de l'alteració de les roques o arribar mitjançant les pluges de fang. A això se li ha d'afegir l'abandó dels sistemes de drenatge, com els albellons i les sèquies. Aquestes construccions, que han facilitat l'eliminació de l'excés d'aigua possibilitant el cultiu a terres que tradicionalment s'embassaven, suposaren un esforç important en el passat. Malgrat això, han estat paulatinament oblidades i, en molts de casos, fetes malbé amb les labors agrícoles i, també, amb les obres de camins i carreteres, el que ha fet reaparèixer els anegaments. Ara, després de la seva destrucció, és quan a molts de llocs ens adona'm del valor d'aquestes estructures i, per a recuperar la funcionalitat agronòmica, s'ha de procedir a la nova construcció.

La diversitat d'organismes vius propis dels sòls de les Illes Balears és en molts de grups poc coneguda, podent considerar el coneixement de fragmentari. Dintre de les comunitats d'organismes del sòls, els oligoquets es troben entre les espècies més visibles i amb una major repercussió ecològica. Algunes d'aquestes espècies descomponedores de matèria orgànica, com per exemple, àcars edàfics, mol·luscs terrestres i isòpodes oniscoideus són endèmiques de les Balears. Així, en els darrers anys han anat apareixent descripcions de noves espècies relacionades amb la fauna edàfica, com per exemple els àcars: *Erythraeus (Erythraeus) picaforticus* (Haitlinger, 2002), *Grandjeanella ainae* (Haitlinger, 2002), *Canpicatrombium mallorcensis* (Haitlinger, 2004), *Holoparasitus eivissa* (Juvara-Bals, 2008), l'isòpode *Armadillidium cruzi* (Garcia, 2003) o el petit mol·lusc terrestre *Truncatellina beckmanni* (Quintana, 2010). Entre els organismes presents en el sòl també poden aparèixer espècies exòtiques introduïdes que constitueixen una amenaça per a la integritat de la comunitat. Per exemple, en els darrers anys a Menorca (Breugelmans *et al*., 2012), s'ha detectat la presència d'una planària depredadora de cucs de terra, isòpodes i cargols, *Coenoplanaria coerulea*. La vida en el sòl és vital per a assegurar moltes de les funcions del sòl però, encara ara a nivell global es coneix molt poc, dificultant la seva quantificació i la dels riscos a que està sotmesa amb la degradació dels sòls (Gardi *et al*., 2013).

El sòl com a element del patrimoni geològic i arqueològic és una funció reconeguda en les propostes legislatives de protecció del sòl esmentades però, a la vegada és poc concreta amb uns criteris de qualitat dels valors culturals i científics no precisats. Així i tot, cal subratllar que la seva degradació, també, suposa un procés irreversible. Com a exemple rellevant de sòls amb un important valor geològic i cultural es poden assenyalar les excavacions on s'ha extret tradicionalment la terra per ceràmica, a les que, juntament a l'interès cultural, s'afegeix un alt valor científic al tractar-se de paleosòls que ens poden apropar al coneixement del Quaternari.

Avaluar la qualitat dels sòls d'acord amb els criteris de funcionalitat

Es pot entendre la qualitat del sòl com la capacitat d'aquest per a desenvolupar d'una manera satisfactòria les diferents funcions (Karlen *et al.*, 2003). Els enfocaments són múltiples i en cada cas s'han d'ajustar a les funcions concretes que es volen avaluar, podent centrar-se en aspectes biològics (Dick, 1994; Gil-Sotres *et al.*, 2007; Pulleman *et al.*, 2012), funcions ambientals ecosistèmiques (Dominati *et al.*, 2010) o més bé agronòmiques (Bouma i Droogers, 2007). Així, els enfocaments per a l'avaluació de la qualitat són variats però sempre a partir de les funcions específiques. Per exemple, a les terres agrícoles, a partir de diferents paràmetres es pot quantificar la capacitat de retenció d'aigua pels cultius, la disponibilitat de nutrients o l'estructuració i porositat que possibiliten la circulació de l'aigua i de l'aire. En base a aquests paràmetres es pot avaluar el seu potencial productiu. D'una manera equivalent es pot estimar a sòls amb vegetació natural.

A partir de l'avaluació de l'estat dels sòls s'han de proposar mesures per a mantenir el seu estat si és bo o corregir les mancances provocades per les intervencions inadequades, amb l'objectiu d'assolir la qualitat òptima.

Divulgació del coneixement dels sòls de les Illes Balears

Sensibilitzar la societat quant a la importància dels sòls en els ecosistemes naturals i en els agrosistemes és la primera passa per a aconseguir la seva protecció. Per això, les tasques de divulgació, apropant el coneixement de les diferents tipologies, funcions i amenaces a les que estan exposats, constitueixen la principal via per a aconseguir aquest objectiu.

Disposar d'una font documental útil per a apropar el coneixement del sòl a les escoles i població en general és el punt de partida per a arribar a reunir una massa crítica amb sensibilitat i criteri de gestió d'aquest recurs limitat.

Conclusió

D'una manera recurrent en els llocs on hi ha hagut activitat humana, s'han produït processos de degradació amb conseqüències variables. La deforestació i l'agricultura han estat les activitats que més han afectat la conservació dels sòls al llarg de la història.

En els temps actuals, amb un augment de la població mundial sostingut, la pressió sobre el sòl és creixent i el ritme de degradació insostenible. Aquests problemes es presenten a nivell global, presentant símptomes diferenciats en funció de les problemàtiques de cada lloc. Les Illes Balears no en són una excepció. La degradació del sòl ens du a una pèrdua de la seva capacitat per a assolir les seves funcions i, dins un escenari canviant on les

condicions climàtiques són canviants i previsiblement més extremes, es redueix la seva capacitat per encaixar les adversitats, augmentant la seva vulnerabilitat.

El repte a l'actualitat és aconseguir que com a poble coneguem les funcions dels sòls amb la seva transcendència en els ecosistemes, posant fre a les amenaces que comprometen la seva integritat. Aquesta labor ha de començar des dels estaments científics que han de promoure accions que apropin a la societat el coneixement dels sòls, les seves característiques, funcions i amenaces per fer efectiva la sensibilització.

Agraïment

A Guillem X. Pons pels suggeriments i aportacions sobre la fauna edàfica.

Challenges in soil protection

Soil is an entity formed by mineral and organic particles, as well as water and air, that supports vegetation and where a diversity of organisms live and interactuate. Soils are often unpercieved in barely man-intervened ecosystems. Their visibility increase when ecosystems are used for agriculture or their natural use is modified. That is the reason why society has always had a superficial positive valuation about soils, mainly for its relationship with crop production. Nevertheless, this apparent positive valuation has not been supported by an awareness of soil attributes and requirements to develop suitably all its functions. Consequently, soil is nowadays one of the least studied environmental components.

Different environmental factors interact for soil formation: mineral material, climate, organisms, geomorphology, time, ... This interaction leads to a wide variety of typologies with diffused boundaries and local distinctive features which make difficult to classify soils in accordance with taxonomic criteria. This fact is one of the reasons why experts have not reached an agreement for using one system of classification of soils which can cover the needs of international community, in contrast with other Natural History branches (Porta *et al.,* 2003).

One of the most relevant attributes of soils is their quality to be a non-renewable resource in the short- and medium-term view. As a result, in the human history the loss or damage of this basic resource has implied the civilization decline. Plato and Aristotle mentioned problems originated by erosion and loss of productivity in ancient Greece during the Bronze Age, and recognized that the process had increased in their contemporary times. Mesopotamia’s case is one of the most well-known, where the growing soil salinization, mainly in the third and second millennium BC, collapsed foodstuff supplies. Not even Roman Empire was unaware of this kind of problems. Pliny the Elder in the 1st century AD described how tree felling in steep slopes occasioned catastrophic floods because of lack of infiltration (Montgomery, 2012). In an agronomic context, Bennet (1939) stated: “Poor

soils make poor people and poor people make the soils worse”. Hence, there are lots of proofs about the importance of soils in the development and collapse of civilizations (Scholes and Scholes, 2013).

Soils in the european context

In recent years, in the European Union sphere, it has been stated a concern about the conservation of this limited resource, thoroughly threatened and with poor restoration capacity. In the Communication of proposal “Towards a Thematic Strategy for Soil Protection” published in 2002 (COM 2002; 179) the deterioration processes recognised in European Union soils aroused great interest. This proposal was complemented by the publication in 2006 of the report “Thematic Strategy for Soil Protection” (COM 2006; 231) and a proposal for a Soil Framework Directive 2004/35/CE (COM 2006; 232), which has not been adopted so far. Recently, the report of the European Commission about "The implementation of the Soil Thematic Strategy and ongoing activities" (COM 2012; 46) provides an overview of current state of soils, insisting on key threats.

All texts mentioned above express the need to set a framework to protect soil and to preserve its capacity to perform its functions in environmental, economic, social and cultural terms:

a) biomass production, including agriculture and silviculture;
b) storage, filter and transformation of nutrients, substances and water;
c) biodiversity banking, like habitats, species and genes;
d) physical and cultural environment for people and human activities;
e) source of raw materials;
f) carbon storage;
g) archive of geological and archaeological heritage.

Soil degradation is a fonamental and persistent problem that have mundial effects but that, unfortunately, it does not really attract attention because most of impacts appear gradually, through slow processes that rarely have immediate alarming effects. Therefore, increasing soil awareness is considered like a challenge. In this sense, there are shattering figures: desertification, land degradation and droughts affect more than 1500 million people worldwide. According to United Nations Environment Programme (UNEP, 2007) soil degradation occasionate an annual land loss equivalent to around 50000 km^2, mainly by erosion, disappearing 24 Gt/year. Only in two decades the land equivalent to the cultivated area in United States of America has been lost. Loss of soil affects directly to its functions, and carbon storage is one of the most important because is the highest compartment of this element in the world (1500 Gt).

The mentioned communications also refer to the following processes of degradation and threats: sealing and compactation, erosion and organic matter loss, salinization, acidification, decline in biodiversity, floods and landslides and finally, local and diffuse

contamination. Combination of some of the treats could lead to a desertification when climatic conditions are arid or semiarid.

Soil sealing consist in covering the soil permanently with impermeable materials. It is one of the most alarming threats nowadays because it causes the loss of the main soil functions as infiltration and water storage or crop production. European Union lost the equivalent of 1000 km^2/year between 1990 and 2000. This situation worsened along following years in countries like Spain, where there was an increment of 15% of the sealed surface during the period 2000-2006 (Prokop *et al.*, 2011).

Soil erosion by water is another alarming threat in European Union. Annual soil losses are higher than 10 t/ha year in almost 20% of European Union surface. Furthermore, the Mediterranean Basin is the place where water erosion effects are clearer. Soil erosion consequences not only affect the loss of soils productivity, but also affect other fields like water quality, because of the transfer of nutrients and, occasionally, pesticides to water masses. As a whole, losses of edaphic material and soils productivity added to environmental impacts originated by land infiltration decay (increase of torrential episodes, reservoirs stuff, etc.) have a high economic cost (Pimentel *et al.*, 1995).

Another problem to mention is salinization. Problems originated by salts can be due to congenital features or irrigation water. Even so, there is no systematized information for all European Union.

Soil biodiversity play fundamental roles in ecosystems, such as releasing nutrients from not available forms. In this sense, biodiversity indicators can reveal threats in areas with high population densities or intensive agriculture.

Landslides are a major threat in mountainous and hilly areas across Europe (land abandonment being an aggravating factor), often producing serious impacts on population, property and infrastructure.

The full extent of local soil contamination is difficult to quantify. Soil Framework Directive plans an exhaustive inventory of polluted sites, but nowadays each member state has its own regulations, so steps used are diverse depending on the member state. In Spain, this process is regulated by Royal Degree 9/2005, establishing a list of potentially soil polluting activities and the criteria and standards for certifying contaminated soils. Anthropogenic pollutant deposition enhances acidification rates, which is considered a hazard widespread, mainly in central and northern Europe. However, in last 20 years atmospheric depositions have been reduced.

Desertification, as an edaphic degradation form, affect all soil functions in a negative way. Although there are not any solid evaluation about this process in European Union, there are signs that areas in desertification risk have reduced gradually their productivity during last decades (Zucca *et al.*, 2012).

The report on the Implementation of the Soil Thematic Strategy (COM 2012; 46) also refers to some challenges to ensure protection:

The growth in world population, the rising consumption of agricultural goods in the emerging economies, and the increased use of biomass for energy and other industrial purposes, will all lead to increased global land use and potential soil degradation. At the same time, weather events linked to climate change, desertification and land take for urbanisation and infrastructure will exacerbate this trend. Consequently, the EU will be even more dependent in future on its finite land resources and on their sustainable use.

Organic matter preservation is a crucial issue because it plays a major role in maintaining soil functions, such as soil fertility, regulation of hydrologic cycle or carbon storage. There is a growing realization of soil role as a store of carbon and its role in managing terrestrial fluxes of atmospheric carbon dioxide and, therefore, mitigating the greenhouse effect. In fact, European Union soils contain more than 70 Gt of organic carbon, which is equivalent to almost 50 times our annual greenhouse gas emissions. In this regard, intensive and continuous arable production may lead to a decline of soil organic matter. Additionally, the conversion of peatlands and their use is particularly worrying (Gobin *et al.,* 2011).

A more efficient use of resources is another demand of the report above (COM 2012; 46). Agriculture is highly dependent on soil fertility and nutrients availability. At the same time, large amounts of manure, bio-waste and sewage sludge are produced every year, and are sometimes disposed of despite the fact that they contain nutrients and organic matter.

Situation in Balearic Islands

Soil science had a prominent presence in Spanish investigation during the 20th century. Emili Huguet del Villar becomes the leading figure in soil science since the 1920 decade. After the Spanish Civil War, the *Instituto Español de Edafología, Ecología y Fisiología Vegetal* (afterwards *Instituto de Edafología*) within the *Consejo de Investigaciones Científicas* and regional centres all over Spain, allowed the expansion of Edaphology to a great number of regions. However, in Balearic Islands there was not any reference centre, hence it prolonged the lack of knowledge in Edaphology in this region.

As an evidence of lack of studies, works about soils published in the *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears* are less than 1% of total works published in this journal.

In order to achieve an effective protection of soil resource, society must know and be sensitive to soil significance, taking into account its roles and threats. For that reason is important to consider soil regional particularities apart from general knowledge. As a first step, the knowledge of soils of Balearic Islands must be created. From this knowledge, effective information transmission channels must be established towards society in order to create a culture of soil. The needs so as to build knowledge of soils of Balearic Islands and make society more sensitive about soil protection can be organized in four sections:

Characterise and locate the soil typologies of Balearic Islands

In order to have a model of soil typologies in Balearic Islands, the fist task is to characterise and locate them. Thus, soil forming processes and physical, chemical and biological properties can be established. Some contributions have been made: a soils cartography of Minorca was made in 2005 as an initiative of *Institut Menorquí d'Estudis*. Also, for realization of this objective, the Department of Biology at the University of Balearic Islands already has a database of important information from various studies that have been developed in recent years, especially the "Hydrological mapping of soils of Balearic Islands" promoted by the *Conselleria de Medi Ambient i Mobilitat del Govern de*

les Illes Balears between 2009 and 2011. Nonetheless, a public and accessible complete soils cartography of Balearic Islands is absolutely essential.

Identify soil threats in different areas

Identifying soil threats and triggering agents is a way to get soil state diagnosis and a tool for preventing or ceasing degradation processes which involve irreversible losses.

The better way to diagnose the state of soils of Balearic Islands seems to be through homogeneous areas, in a similar way to Bouma and Droogers (2007) who complemented the implementation of the Framework Directive on soil protection for the Netherlands. Also, it is interesting the adaptation of methodologies to establish homogeneous environmental management units to the particular terrestrial environments (Brenner *et al.*, 2006).

One of the most important points in European sphere is taking appropriate measures to prevent soil contamination by dangerous substances when concentration levels pose a significant risk to human health and the environment. The measures included in the proposal for a Directive published in 2006 (COM 2006; 231) include obligatory identification by Member States of sites polluted by dangerous substances. In this sense, in Spain there is a specific regulation since 2005 (Royal Decree 9/2005).

Soil organic matter plays a major role in maintaining soil functions because of its influence on nutrient supply for vegetables and microflora and on structure, which allows an equilibrated soil porosity and rainwater infiltration, among others. To a great extend, soil quality depends on the organic matter content. Organic matter itself may not be sufficient to guarantee soil quality, but its lack is a guarantee of soil degradation. Ploughed lands are the most affected by organic matter losses and their recovery is a laborious task (Lal, 2006). Therefore, an agricultural management focused on increasing the organic matter content goes further than increasing soil fertility for crops direct use; it also contributes to increasing rainwater infiltration and soil water storage and regulating hydrologic cycle.

Soil compaction and sealing is a problem that apparently has increased throughout the last two decades due to a strong increase in zones devoted to residential areas and roads. The fist result of land urbanization is the direct and unrecoverable loss of arable land. Unfortunately, soil characteristics and soil fertility have not been taken into account in urban planning, which has given more importance to other aspects such as location.

Moreover, soil compaction and sealing imply the loss of soil functionality which affects rainwater infiltration capacity, in a clearly noticeable manner, leading to surface ponding and waterlogging. In recent years, it has become quite normal that moderate rainfall cause flood problems immediately, with serious consequences on traffic and infrastructures. Besides, erosive processes are induced leading to an unrecoverable loss. Additionally, after heavy rain, large amounts of sediments are transported by torrents to the sea. These land losses are bigger than the quantity generated by rocks alteration or provided by dust rains. Also, abandonment of traditional drainage systems, as *albellons* (subterranean drainage channel) and *síquia* (superficial drainage channel), need to be considered. These structures, which allowed crop cultivation in areas that traditionally were easily waterlogged, implied an important effort in the past. Regardless, these systems have been forgotten gradually, and in some cases, destroyed during cultivation or construction of roads or highways. Consequently, floods have reappeared. Unfortunately, is after their destruction when we

realise the importance of this kind of structures and, in order to restore agronomic functionality, they need to be constructed again.

The variety of living organisms in the soil of Balearic Islands is little known in many groups, so knowledge can be considered fragmentary. Regarding living organisms communities, oligochaetes are found among the most visible species and with a major ecological impact. The oligochaetes are major decomposers in soil ecosystems, and have great beneficial effects on soil structure and fertility. Some of these, like edaphic mites, terrestrial molluscs and oniscoidea isopods, are endemic of Balearic Islands. Then, in recent years, have appeared descriptions of new species related to edaphic fauna such as the mites *Erythraeus (Erythraeus) picaforticus* (Haitlinger, 2002), *Grandjeanella ainae* (Haitlinger, 2002), *Canpicatrombium mallorcensis* (Haitlinger, 2004), *Holoparasitus eivissa* (Juvara-Bals, 2008); the isopod *Armadillidium cruzi* (Garcia, 2003) or the little terrestrial mollusc *Truncatellina beckmanni* (Quintana, 2010). Among living organisms in the soil may also appear introduced exotic species that threaten the integrity of the community. For instance, the presence of *Coenoplanaria coerulea* has been detected in Minorca in recent years (Breugelmans *et al.,* 2012). This is a predatory species of earthworms, isopods and snails. Life in soil is vital to ensure many of the soil functions, but even now is little known globally. This way, neither life, nor risks from soil degradation are easy to quantify (Gardi *et al.,* 2013).

Soil as an element of geological and archaeological heritage is a recognized function in the legislative proposals of soil protection mentioned above. However, at the same time it is not clearly expressed and quality criteria of cultural and scientific values are vague. As a relevant example of soils with geological and cultural value, the excavations used traditionally for land extraction for its use in pottery can be pointed out. In this case, as well as from cultural interest, they have high scientific value because they are paleosoils, which can approach us to the knowledge of Quaternary.

Evaluate soil quality according to criteria of functionality

Soil quality can be defined as the ability of soil to develop its different functions satisfactorily (Karlen *et al.,* 2003). There are multiple perspectives, and in each case they need to adapt to the particular functions we want to evaluate, so they can focus on biological aspects (Dick, 1994; Gil-Sotres *et al.,* 2007; Pulleman *et al.,* 2012), functions in ecosystem (Dominati *et al.,* 2010) or agronomic functions (Bouma i Droogers, 2007). Hence, there are a variety of perspectives to evaluate quality, but always based on specific functions. For example, in agricultural lands, we can quantify the water retention capacity of soil, nutrient availability or structure and porosity through different parameters. Taking into account these parameters we can evaluate the soil productive potential both in agricultural or natural lands.

Measures to maintain soils in good conditions or correct deficiencies caused by inappropriate interventions should be proposed using evaluation of soil status, with the aim of achieving optimal quality.

Divulgation of the knowledge of soils of Balearic Islands

The first step to obtain soil protection is to create a soil awareness about the importance of soils in natural ecosystems and agrosystems. For this reason, divulgation tasks are the

main way to reach this objective. These tasks should consist on spreading the knowledge of the different soil typologies, soil functions and soil threats. Furthermore, the starting point to get a population with critical attitude, sensitivity and criteria for managing this limited resource is to have a useful documentation source to introduce soil knowledge in the education system and the general population.

Conclusion

Continuously, human activity causes degradation processes with variable consequences. Throughout history, deforestation and agriculture have been the most impacting activities which have affected soil conservation.

At this moment in time, with a constant world population growth, demographic pressure is growing and rhythm of degradation becomes unsustainable. These are global problems, but their symptoms are different in each area according to local difficulties. Balearic Islands are no an exception. Soil degradation leads to the loss of its ability to develop its different functions. Additionally, in a changeable scene where weather conditions are changeable and more extreme, the soil resilience decreases, and consequently, its susceptibility increases.

The current challenge is that population could have the knowledge of soil functions and their significance for ecosystems, and hence, threats will be controlled. This work must begin from scientific states, which should promote actions that bring society the knowledge of soils, their characteristics, functions and threats in order to create a soil awareness.

Acknowledgements

The authors would like to thank Guillem X. Pons for his suggestions and contributions about edaphic fauna.

References

Bennett, H. H. 1939. *Soil conservation*. Soil Conservation Service.

Bouma, J. i Droogers, P. 2007. Translating soil science into environmental policy: A case study on implementing the EU soil protection strategy in The Netherlands. *Environmental Science & Policy*, 10(5): 454-463.

Brenner, J., Jiménez J.A. i Sardà, R. 2006. Definition of Homogeneous Environmental Management Units for the Catalan Coast. *Environmental Management*, 38: 993-1005.

Breugelmans, K., Quintana, J., Artois, T., Jordaens, K. i Backeljau, T. 2012. First report of the exotic blue land planarian, *Caenoplana coerulea* (Platyhelminthes, Geoplanidae), on Menorca (Balearic Islands, Spain). *ZooKeys*, 199: 91-105.

Dick, R. P. 1994. Soil enzyme activities as indicators of soil quality. *In:* Doran (Ed.) *Defining soil quality for a sustainable environment*. Soil Science Society of America. 107-124.

Dominati, E., Patterson, M. i Mackay, A. 2010. A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. *Ecological Economics*, 69(9): 1858-1868.

Droogers, P. i Bouma, J. 1997. Soil survey input in exploratory modeling of sustainable soil management practices. *Soil Science Society of America Journal*, 61(6): 1704-1710.

Garcia, L. 2003. *Armadillidium cruzi* sp. n. (Isopoda: Oniscidea: Armadillidiidae), un nuevo isópodo terrestre de la isla de Mallorca (Islas Baleares, Mediterraneo Occidental). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 33: 19-24.

Gardi, C., Jeffery, S. i Saltelli, A. 2013. *An estimate of potential threats levels to soil biodiversity in EU*. *Global Change Biology*, 19: 1538-1548.

Gil-Sotres, F., Trasar-Cepeda, C., Leirós, M. C. i Seoane, S. 2005. Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties. *Soil Biology and Biochemistry*, 37(5): 877-887.

Gobin, A., Campling, P., Janssen, L., Desmet, N., van Delden, H., Hurkens, J., Lavelle, P. i Berman, S. 2011. *Soil organic matter management across the EU – best practices, constraints and trade-offs*. Final Report for the European Commission's DG Environment.

Haitlinger, R. 2002. Erythraeidae and Trombidiidae (Allothrombiinae) (Acari: Prostigmata) from Mallorca (Balearic Islands), with description of two new species. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 45: 191-197.

Haitlinger, R. 2004. Description of the larva of *Canpicatrombium mallorcensis* gen. n., sp. n. (Acari: Prostigmata: Trombidioidea: Microtrombidiidae), a new mite from Mallorca, Balearic islands, Spain. *Zoológica Baética*, [2002-03], 13/14: 139-144.

Jeffery, S., Gardi, C., Jones, A., Montanarella, L., Marmo, L., Miko, L., Ritz, K., Peres, G., Römbke J. i van der Putten, W. H. (eds.) 2010. *European Atlas of Soil Biodiversity*. European Commission, Publications Office of the European Union.

Juvara-Bals, I. 2008. New species of *Holoparasitus* Oudemans, 1936 (Acari, Parasitidae) from Spain, North Africa, the Canary and Madeira Islands. *Revue Suisse de Zoologie*, 115(1): 37-84.

Karlen, D. L., Ditzler, C. A. i Andrews, S. S. 2003. Soil quality: why and how?. *Geoderma*, 114(3): 145-156.

Lal, R. 2006. Enhancing crop yields in the developing countries through restoration of the soil organic carbon pool in agricultural lands. *Land Degradation & Development*, 17(2): 197-209.

Montgomery, D. R. 2012. *Dirt: The erosion of civilizations*. Univ. of California Press.

Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Crist, S., Sphritz, L., Fitton, L., Saffouri, R. i Blair, R. 1995. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science* 267: 1117-1123.

Porta, C. J., López-Acevedo, M. i Roquero de Laburu, C. 2003. *Edafología, para la agricultura y el medio ambiente*. 3a. Edición. Ediciones Mundi-Prensa.

Prokop, G., Jobstmann, H., i Schönbauer, A. 2011. *Report on best practices for limiting soil sealing and mitigating its effects*. European Commission.

Pulleman, M., Creamer, R., Hamer, U., Helder, J., Pelosi, C., Peres, G. i Rutgers, M. 2012. Soil biodiversity, biological indicators and soil ecosystem services -an overview of European approaches. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 4(5): 529-538.

Quintana, J. 2010. *Truncatellina beckmanni* sp. nov. (Gastropoda: Pulmonata: Vertiginidae: Truncatellinae), una nueva especie endémica de Menorca (Islas Baleares, Mediterraneo occidental). *Spira*, 3(3-4): 149-158.

Scholes, M. C. i Scholes, R. J. 2013. Dust Unto Dust. *Science*, 342(6158): 565-566.

UNEP, United Nations Environment Programme 2007. *Global Environment Outlook 4: Environment for Development*. United Nations Environment Program.

Zucca, C., Peruta, R. D., Salvia, R., Sommer, S. i Cherlet, M. 2012. Towards a World Desertification Atlas. Relating and selecting indicators and data sets to represent complex issues. *Ecological Indicators*, 15(1): 157-170.